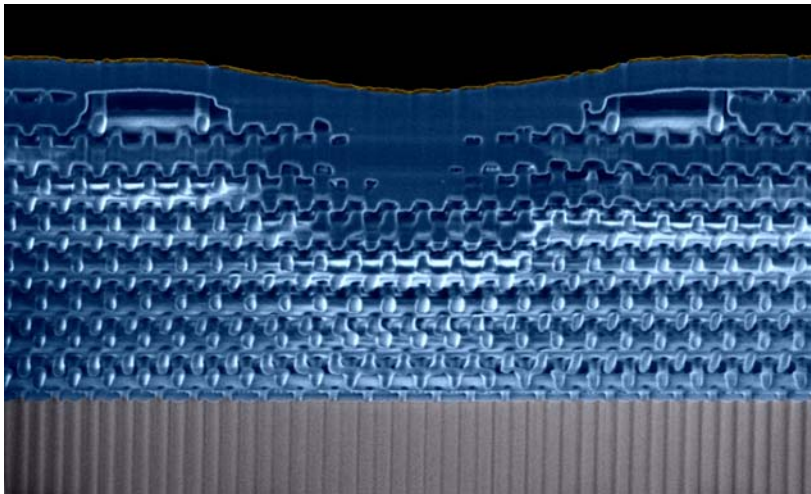


Endlich unsichtbar

Karlsruher Forscher realisieren dreidimensionale optische Tarnkappe



Im Elektronenmikroskop ist die eigentliche optische Tarnkappe unter der Wölbung im Goldfilm (gelbrot) erkennbar. (Colorierte REM-Aufnahme; Quelle: CFN)

Wer möchte nicht manchmal unter einer Tarnkappe verschwinden? Was für Harry Potter oder Siegfried in der Nibelungensage Standard ist, galt in der wirklichen Welt als unmöglich. Vor einigen Jahren eröffnete die Theorie der Transformationsoptik zumindest auf dem Papier einen Weg. Im Experiment wurden jedoch für den Bereich optischer Wellenlängen bisher nur Strukturen realisiert, die in zwei Dimensionen wirksam waren. In der renommierten Fachzeitschrift *Science* präsentieren Wissenschaftler des Karlsruher Instituts für Technologie (KIT) und des Imperial College in London nun erstmals eine optische Tarnkappe für dreidimensionale Objekte. (*Science Express Reports*, DOI 10.1126/science.1186351).

Tatsächlich ist das Objekt, das Professor Martin Wegener und seine Arbeitsgruppe am DFG-Centrum für Funktionelle Nanostrukturen (CFN) des KIT scheinbar verschwinden lässt, lediglich eine kleine, ein Tausendstel Millimeter (Mikrometer) hohe Beule in einem dünnen Goldfilm. „Trotzdem ist das Ergebnis ein großer Fortschritt“,

Dr. Elisabeth Zuber-Knost
Pressesprecherin

Kaiserstraße 12
76131 Karlsruhe
Tel.: +49 721 608-7414
Fax: +49 721 608-3658

Weiterer Kontakt:
DFG-Centrum für Funktionelle
Nanostrukturen (CFN)



Dr. Gerd König
Public Relations
Wolfgang-Gaede-Str. 1a
76131 Karlsruhe
Tel.: +49 721 608-3409
Fax: +49 721 608-8496
gerd.koenig@kit.edu
www.cfn.uni-karlsruhe.de

betont der Physiker. „Bisher beruhten Tarnkappen auf Wellenleitern, die praktisch zweidimensional sind. Sobald man jedoch aus der dritten Dimension auf die Struktur schaut, ist die Wirkung dahin.“

Den Durchbruch ermöglicht ein Verfahren, das die Wissenschaftler von wenigen Jahren am CFN entwickelt haben: Beim Direkten Laserschreiben (DLS) schreibt ein computergesteuerter, fokussierter Laserstrahl in einem Fotolack wie ein Stift in alle drei Raumrichtungen. „Damit produzieren wir 3D-Strukturen mit optischen Eigenschaften, die es in der Natur nicht gibt“, erläutert Wegeners Mitarbeiter Tolga Ergin. Diese Metamaterialien genannten Gebilde sehen wie Holzstapel aus. In der Nähe der kleinen Beule haben sie eine Region, in der sich der Brechungsindex für elektromagnetische Wellen im optischen Bereich kontinuierlich ändert. Dadurch werden Lichtwellen, die das gewölbte Objekt normalerweise seitlich reflektieren würde, so beeinflusst und umgelenkt, dass nur ein gleichförmiges Lichtsignal registriert wird. „Wir sehen quasi eine glatte Fläche ohne Beule“, so Dr. Nicolas Stenger, Mit-Autor der Arbeit. „Aber die Physik dahinter ist komplex. Die mathematischen Werkzeuge zur Berechnung ähneln denen der Einsteinschen Relativitätstheorie.“

Die Messung selbst erfolgt an einem experimentellen Aufbau, der einem gewöhnlichen optischen Mikroskop gleicht. Dabei funktioniert die optische Tarnkappe sogar besser als von den Wissenschaftlern erwartet, denn der Effekt zeigt sich über ein breites Wellenlängenspektrum von 1,5 bis 2,6 Mikrometer. „Das ist nicht der Bereich des sichtbaren Lichts“, räumt Wegener ein. „Diese Wellenlängen im nahen Infrarot sind jedoch für die Telekommunikation bedeutsam.“

Mit ihrer DLS-Technik könnten die Karlsruher prinzipiell auch Metamaterialien herstellen, um ganze Menschen verschwinden zu lassen. „Nur würde die Herstellung extrem lange dauern“, scherzt Wegener. Wichtiger sind ihm die optischen Tarnkappen ohnehin als experimentelles Werkzeug zur Erforschung der Transformationsoptik. Von ihr erhofft er sich Impulse zur Entwicklung komplexer Komponenten für die Optik und Photonik.

Literatur:

Three-Dimensional Invisibility Cloak at Optical Wavelengths. Tolga Ergin, Nicolas Stenger, Patrice Brenner, John B. Pendry, and Martin Wegener. Science Express Reports, veröffentlicht online am 18. März 2010. DOI: 10.1126/science.1186351

Journalisten können den Artikel als PDF-Datei beim CFN anfordern.

Hintergrundinformation:

Transformationsoptik

Die in den letzten Jahren entwickelte Theorie der Transformationsoptik sagt aus, dass jede beliebige gewünschte Verformung der Raum-Zeit mathematisch exakt abgebildet werden kann auf ein gedachtes Material, dessen optische Eigenschaften in einer bestimmten Art und Weise räumlich variieren. Um beispielsweise eine optische Tarnkappe zu realisieren, könnte man einen Punkt im Raum aufweiten zu einem endlich großen Volumen, in dem dann beliebige Objekte versteckt werden können. Die mathematischen Vorschriften der Transformationsoptik lehnen sich an die Allgemeine Relativitätstheorie an. Die experimentell hergestellte Struktur, eine „Teppichtarnkappe“, wurde im Jahr 2008 von Jensen Li und John Pendry theoretisch vorgestellt.

Direktes Laserschreiben (DLS)

Das DLS ist ein fotolithografisches Verfahren zur Herstellung beliebiger dreidimensionaler Mikrostrukturen. Im Mikroskop wird Fotolack, der über einem computergesteuerten, piezogetriebenen Tisch in drei Ebenen bewegt wird, durch das Objektiv mit Femtosekundenimpulsen eines stark fokussierten Laserstrahls belichtet. In dem eng umrissenen Bereich, in dem der Fotolack von dem Strahl getroffen wird, wird die Löslichkeit des Materials verändert. Je nach Art des Fotolacks werden im Entwicklungsbad die belichteten oder die unbelichteten Regionen ausgewaschen. Aufgrund der hohen optischen Auflösung können mit DLS Strukturierungen von 150 Nanometer (1 Nanometer = 1 Millionstel Millimeter) in Objekten mit einer seitlichen Ausdehnung von maximal 0,3 mm und einer Höhe von 0,08 mm realisiert werden. Das am Centrum für Funktionelle Nanostrukturen entwickelte DLS-System wird inzwischen über die Unternehmensausgründung Nanoscribe GmbH vertrieben. www.nanoscribe.de

Metamaterialien

Metamaterialien sind künstlich hergestellte Strukturen, die sich wie ein einheitliches Material verhalten und Eigenschaften besitzen, die in der Natur nicht vorkommen. Sie sind aus gleichartigen, regelmäßig angeordneten Elementen aufgebaut, die, obwohl deutlich größer als Atome in einem Kristall, wie diese mit elektromagnetischen Wellen wechselwirken. Mit nanotechnologischen Methoden produzierte Metamaterialien bestehen aus so kleinen Einheiten, dass sie elektromagnetische Wellen mit Wellenlängen vom Sichtbaren bis hin zum Infrarot-Licht beeinflussen können.

Das Karlsruher Institut für Technologie (KIT) ist eine Körperschaft des öffentlichen Rechts und staatliche Einrichtung des Landes Baden-Württemberg. Es nimmt sowohl die Mission einer Universität als auch die Mission eines nationalen Forschungszentrums in der Helmholtz-Gemeinschaft wahr. Das KIT verfolgt seine Aufgaben im Wissensdreieck Forschung – Lehre – Innovation.

Diese Presseinformation ist im Internet abrufbar unter: www.kit.edu

Das Foto steht in druckfähiger Qualität (auch mit Maßstab) auf www.kit.edu zum Download bereit und kann angefordert werden unter: pressestelle@kit.edu oder +49 721 608-7414.

Text und Abbildungen stehen auch auf der Webseite des CFN zur Verfügung: www.cfn.uni-karlsruhe.de